

*М. В. Буткевич, С. В. Матвеев*

Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, butkevich.96@mail.ru

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*В работе рассмотрена действующая схема производства листового стекла. В работе сформированы балансовые величины потребления и отвода энергии при варке и формовании стекла. Обнаружена максимальная величина отвода теплоты.*

Ключевые слова: *тепловой баланс; листовое стекло; тепловая энергия; количество теплоты.*

*M. V. Butkevich, S. V. Matveev*

Nosov Magnitogorsk state technical University, Magnitogorsk

## ASSESSMENT STUDYING THE HEAT BALANCE OF GLASS- FURNACE OVEN AND SELECTING THE DIRECTION OF ENERGY SAVING

*The paper reviewed the current scheme of production of flat glass. In this work, the balance values of consumption and removal of energy during cooking and molding of glass are formed. The maximum value of heat removal was found.*

Keywords: *heat balance; sheet glass; heat energy amount of heat.*

В настоящее время среди огромного количества производств конструкционных материалов стекольная промышленность занимает одну из лидирующих позиций. Так как стекольная промышленность относится к наиболее энергозатратным отраслям производства, то необходимо рассмотреть возможные пути энергосбережения.

Действующая схема производства листового стекла в виде

последовательных производственных и технологических функций представлена на рисунке.



Технологическая схема производства листового стекла

Первоначальной стадией технологического процесса, в производстве листового стекла является добыча и предварительная обработка сырьевых материалов. Далее из сырьевых материалов приготавливают стекольную шихту и загружают в стекловаренную печь для варки стекломассы. Основные стадии процесса стекловарения шихта проходит в стекловаренной печи. Далее стекломасса различными способами формуется, и лента стекла направляется в печь для отжига. Именно при варке и формовании стекломассы происходят эндотермические и экзотермические реакции, где потребляется и выделяется энергии больше, чем при прочих операциях. После отжига лента стекла проходит дальнейшую обработку на стадиях: мойка, сушка, контроль качества и резка, после которых получается готовое изделие, соответствующее действующим стандартам [1, 2].

Для оценки описанной действующей схемы необходимо сформировать балансовые величины потребления и отвода энергии. На данный момент в мировой практике существуют два основных способа производства листового стекла вертикальный и горизонтальный (флоат-стекло). Во всех развитых странах в настоящее время используется флоат процесс, который обеспечивает выпуск высококачественного стекла. По прогнозам на дальнейшее будущее объемы выпуска высококачественного стекла возрастут [3].

Поэтому ограничимся производством листового стекла флоат способом. Особенность этого способа состоит в том, что выработка стекломассы происходит горизонтально на поверхности расплавленного металла (олова). Лента растекается под действием силы тяжести [4].

Затраты в действующей схеме на выплавку 1 тонны стекломассы в электрических печах по различным данным составляют от 2200–7200 МДж на тонну стекла (от 611 до 2000 кВт·ч/т). Для расчетов примем затраты равные среднему значению 5000 МДж/т [5].

По различным данным отвод энергии составляет: расход на стекловарение 18,5 %; потери дном 6,6 %; потери стенами бассейна 15,3 %; потери кладкой пламенного пространства 6,2 %; потери сводом 6,4 %; потери излучением через окна 4,1 %; потери через загрузочное отверстие 4,3 %; потери с конвекционным потоком стекломассы 5,6 %.

Также теплота теряется с отводом жидкого стекла. Количество теплоты можно найти по формуле:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $m$  – масса, кг;  $c$  – удельная теплоемкость, кДж/(кг·°C);  $\Delta t$  – разность температур, °C.

Теплоемкость стекломассы, кДж/(кг·°C) [4]:

$$C_t = C_0 \cdot (1 + 0,00039 \cdot t), \quad (2)$$

где  $C_0$  – удельная теплоемкость твердого стекла при температуре от 0 до 20 °C, кДж/(кг·°C);  $t$  – температура стекломассы, °C.

Удельная теплоемкость твердого стекла при температуре 0 °C равна  $C_0=0,838$  кДж/(кг·°C) [4].

Удельные теплоемкости стекла при температуре 1500 °C (температура после осветления в стекловаренной печи) 600 °C (температура перед отжигательной печью).

Тепловой баланс печи приведен в таблице.

Из полученного теплового баланса видно, что с жидким стеклом уносится порядка 30 % теплоты, что по сравнению с другими отводами теплоты составляет максимальную величину.

### Тепловой баланс печи

Статьи баланса	Расход тепла	
	МДж/т	%
<b>Приход</b>		
Тепло, вносимое топливом	5000	100
<b>Расход</b>		
На стекловарение	925	18,5
Потери дном	330	6,6
Потери стенами бассейна	765	15,3
Потери кладкой пламенного пространства	310	6,2
Потери сводом	320	6,4
Потери излучением через окна	205	4,1
Потери через загрузочное отверстие	215	4,3
Потери с конвекционным потоком стекломассы	280	5,6
Потери с жидким стеклом	1371,6	28,9
Прочие потери	207	4,1

Для повышения энергоэффективности и снижения энергозатрат в теплотехнологии стекольного производства тепловая энергия жидкого стекла должна быть полезно и эффективно использована.

Например, для генерации электрической энергии, которую можно направить на собственные нужды стекловаренной печи, потребляющую электроэнергию для выработки листового стекла.

#### Список использованных источников

1. Власова С. Г. Основы химической технологии стекла : учеб. пособие. Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2013. 108 с.
2. Айрапетов Г. А., Безродный О. К., Жолобов А. Л. Строительные материалы : учебно-справочное пособие. Ростов на Дону : Феникс, 2005. 608 с.
3. Перцева Л. Н., Лебедев В. Е. Роль государственной и муниципальной политики в развитии стекольной промышленности // Российское предпринимательство. 2011. Т. 12. № 7. С. 151–155.
4. Солинов Ф. Г. Производство листового стекла : монография. М. : Стройиздат, 1976. 288 с.
5. Будов В. М., Саркисов П. Д. Производство строительного и технического стекла : учеб. для ПТУ. 4-е изд., пер. и доп. М. : Высшая школа, 1991. 319 с.